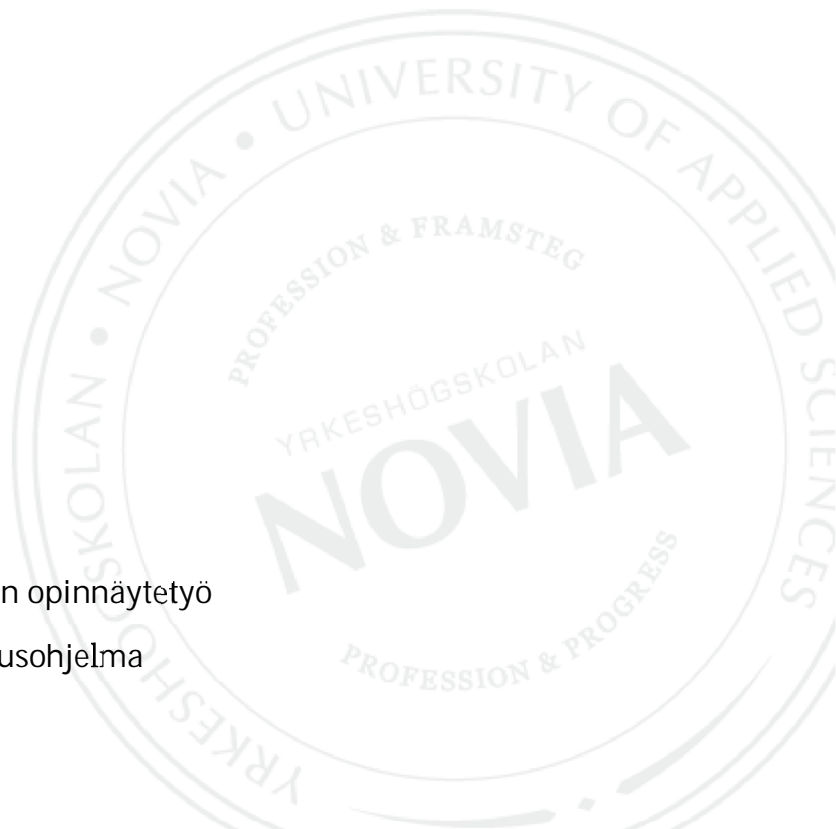




Rautateiden suunnittelustandardit Euroopassa, ja niiden vaikutus valtioiden väliseen liikenteeseen

Iiro Vainikainen

Insinööri (AMK) -tutkinnon opinnäytetyö
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Raasepori 2016



OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Iiro Vainikainen
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Raasepori
Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: -
Ohjaaja: Towe Andersson
Nimike: Rautateiden suunnittelustandardit Euroopassa, ja niiden vaikutus valtioiden väliseen liikenteeseen

Päivämäärä: 3.5.2016

Sivumäärä: 25

Liitteet: 0

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään erilaisia rautateiden rakennusstandardeja Euroopassa, ja niiden vaikutusta kansainväliseen liikenteeseen.

Työn tavoitteena on esitellä erilaisia nykyisin käytössä olevia, usein toisistaan radikaalistikin eroavia rautatiestandarddeja, sekä rajanylittävään liikenteeseen jo kehitettyjä tai vasta kehitteillä olevia järjestelmiä. Opinnäytetyössä keskitytään rakenteellisiin eroavaisuuksiin, kuten raideleveyteen, sähköistysjärjestelmiin, ulottumiin ja junien kulunvalvontaan, sekä liiketoiminnallisiin esteisiin ja eroavaisuuksiin.

Opinnäytetyö on toteutettu keräämällä tietoa Euroopan unionin direktiiveistä ja asetuksista, kansallisista suunnitteluohjeista sekä raidevälinevalmistajien markkinointimateriaalista ja alan erikoislehdistä. Tutkimuksessa kävi ilmi, että vaikka rautatiet valtaosassa Euroopan maita on rakennettu palvelemaan oman valtion sisäistä liikennettä, on yhteensovittaminen edennyt pääosin hyvin. Liiketoiminnallisten esteiden purkaminen on edistynyt paremmin kuin rakenteellisten eroavaisuuksien korjaaminen, tosin useat kehitetyt järjestelmät kuitenkin auttavat ja helpottavat kansainvälistä liikennettä jo nyt.

Kieli: suomi

Avainsanat: rautatiet, suunnittelustandardit, kansainvälinen liikenne

EXAMENSARBETE

Författare: Iiro Vainikainen
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik, Raseborg
Inriktningsalternativ: -
Handledare: Towe Andersson
Titel: Olika bestämmelser för järnvägsinfrastruktur i Europa och deras påverkan i gränsövergångstrafik

Datum: 3.5.2016

Sidantal: 25

Bilagor 0

Abstrakt

I detta examensarbete behandlar man olika planeringsstandarder i Europa och deras påverkan i internationell trafik.

Examensarbete lyfter fram olikheterna i europeiska järnvägssystem och vissa lösningar som har utvecklats för att förenkla gränsövergångstrafik. Olikheterna kan kategoriseras som antingen skillnader i teknisk infrastruktur eller skillnader och begränsningar i vem som får bedriva järnvägstrafik i ett land. Till skillnader i teknisk infrastruktur hör till exempel spårvidder, elektrifieringar, lastprofiler och övervakningssystem. Till skillnader i rätt att bedriva järnvägstrafik hör till exempel olika lagar som bestämmer vem och hur olika företag får köra tåg i järnvägsnätet.

Som källmaterial i detta examensarbete användes Europeiska unionens direktiv och förordningar och olika nationella regelverk samt kommersiellt material från leverantörer och branschtidningar. Från undersökningen kan man se att de europeiska ländernas bannät närmar sig varandra. Skillnader i rätt att bedriva järnvägstrafik har förenhetligats bättre än skillnader i teknisk infrastruktur, även om flera olika apparater är redan i bruk som gör trafik mellan länder och olika system enklare.

Språk: finska

Nyckelord: järnväg, planeringsstandarder, internationell trafik

BACHELOR'S THESIS

Author: Iiro Vainikainen
Degree Programme: Construction Engineering, Raseborg
Specialization: -
Supervisor: Towe Andersson
Title: Planning and Design Rules for Railways and Their Effect on Interoperability

Date: May 3rd, 2016 Number of pages: 25 Appendices: 0

Summary

This bachelor's thesis presents the different kinds of design rules that have been adopted across the European Union and their adjacent neighbouring countries. The thesis also explores the current and planned devices and practices designed to allow and ease interoperability within European countries in order to create a common railway area in Europe.

The central themes of this thesis are of structural and operational differences. In structural differences include railway gauge, electrification, loading gauge and automatic train protection, whereas operational differences handle different laws and restrictions that decide which companies get to drive trains on the network.

The information in this thesis is mainly based on national railway planning rules, European Union framework directives as well as marketing brochures of different equipment suppliers and magazines based on the subject. As a result of this thesis it can be seen, that the creation of common railway area in Europe is progressing well. The unification of operational differences has been progressing better than structural differences, even though there are already several devices that have been developed are already making interoperability in Europe between different railway systems easier.

Language: Finnish

Key words: railway, planning and design rules, interoperability

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Euroopan laajuiset määräykset	1
2.1	Rautatiepaketit	2
3	Kansalliset standardit	3
4	Raideleveys	4
4.1	Standardileveys 1 435 mm (4' 8½")	5
4.2	Leveäraiteiset radat	5
4.2.1	1 520 mm / 1 524 mm (5')	5
4.2.2	1 600 mm (5' 3")	6
4.2.3	1 668 mm.....	7
4.3	Kapearaiteiset radat.....	7
4.3.1	1 000 mm.....	7
4.3.2	891 mm	7
4.4	Raideleveyden muutokset	8
4.4.1	Telinvaihto	8
4.4.2	Vaihtuvalevyinen teli	8
4.4.3	Monikiskorautatie	9
5	Sähköistys.....	10
5.1	Standardit	11
5.2	Vaihtovirta.....	11
5.2.1	25 kV 50 Hz	11
5.2.2	15 kV 16 2/3 Hz.....	11
5.3	Tasavirta.....	12
5.3.1	1,5 kV.....	12
5.3.2	3 kV.....	12
5.4	Järjestelmärajan ylitykset	13
5.4.1	Monijärjestelmäveturi	13
5.4.2	Veturin vaihto	13
6	Uloottuma.....	14
6.1	Aukean tilan ulottuma	14
6.2	Liikkuvan kaluston ulottuma.....	14
7	Junien kulunvalvonta	15
7.1	ETCS.....	16
7.1.1	ETCS 1	16
7.1.2	ETCS 2.....	17

7.1.3	ETCS 3.....	18
7.2	Nykyiset kansalliset standardit	19
7.2.1	JKV	19
7.2.2	PZB	20
7.3	Junaonnettomuudet	21
7.3.1	Jokelan junaturma 1996 ja Jyväskylän junaturma 1998	21
7.3.2	Ladbroke Groven junaturma 1999	22
8	Liikenteen vapautuminen kilpailulle	23
8.1	Uusien yhtiöiden hyväksyminen raiteille.....	23
8.2	Yksityistäminen	24
9	Nykytilanne ja tulevaisuus	25
	Lähteet.....	26
	Kuvalähteet	28
	Sammanfattning på svenska	29
1	Historia.....	29
2	Europeiska regelverk	29
3	Spårvidd	29
3.1	Standard spårvidd	29
3.2	Bred spårvidd.....	29
3.3	Smal spårvidd	30
4	Elektrifiering.....	30
4.1	Växelström	30
4.2	Likström	31
5	Tågövervakning	31
6	Slutsatser	31

1 Johdanto

Ensimmäiset kaupunkoja yhdistävät rautatiet on rakennettu 1830-luvulla Yhdistyneessä Kuningaskunnassa, josta rautatiet seuraavien vuosikymmenten aikana levisivät edelleen Manner-Eurooppaan. Koska rautatiet olivat jokaisen maan oma hanke eikä mitään standardeja luovia järjestöjä ollut olemassa, loi jokainen maa itselleen sopivimmat standardit. Laajimmaksi yhtenäiseksi standardiksi muodostui kuitenkin raideleveys, jossa suurin osa maista käytti ensimmäisellä rautatiellä käytettyä 1 435 millimetrin raideleveyttä. (Nolte, 2016, s. 7)

Ensimmäinen rautateiden kansainvälinen järjestö on vuonna 1922 perustettu *Union Internationale des Chemis de fer* eli **UIC**. UIC ei kuitenkaan ole toiminut standardisoimistoimistona, joten jokainen valtio on saanut jatkaa oman kansallisen naapurimaistaan riippumattoman verkoston rakentamista. Esimerkiksi rautateiden sähköistys on monessa maassa tehty vasta UIC:n perustamisen jälkeen, mutta silti jokainen maa on valinnut oman – usein naapurimaan kanssa yhteen sopimattoman – sähköistys- ja kulunvalvontajärjestelmän. (Nolte, 2016, s. 11)

Koko Euroopan kattavan rautatieverkon muodostaminen on ollut Euroopan talousyhteisön (myöhemmin Euroopan yhteisö ja Euroopan unioni) päämääränä jo perustamisesta asti. (Nolte, 2016, s. 15-16)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä Euroopassa käytössä olevia rautateiden standardeja ja niitä sääteleviä Euroopan unionin asettamia säädöksiä, direktiivejä ja asetuksia. Euroopalla tarkoitan Euroopan unioniin kuuluvia maita, sekä maita, joihin EU:sta on tärkeää rajat ylittävää liikennettä, eli Sveitsiä, Norjaa ja Venäjää. Lähempään tarkasteluun olen ottanut standardeja Suomesta, Ruotsista, Saksasta ja Espanjasta, sillä näissä maissa on havaittavissa suurimpia eroja standardeissa.

2 Euroopan laajuiset määräykset

Euroopan unioni on pyrkinyt omilla asetuksillaan ja direktiiveillään yhtenäistämään alueen suunnittelustandardeja ja vapauttamaan kilpailua luodakseen yhteiseurooppalaisen rataverkon. Euroopan unionin määräyksistä asetukset ovat kaikkia jäsenmaita sellaisenaan määrääviä, direktiivit ohjeita, joiden perusteella kansallista lainsäädäntöä ja suunnitteluohjeita on muutettava. Ensimmäinen rautateiden yhtenäistämiseen tähtäävä ohjeistus oli heinäkuussa 1991 annettu direktiivi 91/440/ETY *yhteisön rautateiden kehittämisestä*. Tässä direktiivissä määrätään esimerkiksi, että rautatieyritysten tulee toimia

liiketoiminnallisin perustein (eli siis suora valtion budjettirahoitus ei ole sallittua) ja että liikennöinti ja infrastruktuuri tulee hoitaa eri kirjanpidon kautta. Tämän vuoksi Suomen liittyessä Euroopan unioniin vuonna 1995 Valtionrautatiet pilkottiin niin, että liikennöinti siirtyi uuteen VR-Yhtymä osakeyhtiöön ja rataverkko Ratahallintokeskuksen omistukseen. Tämä direktiivi ei kuitenkaan vaadi, että verkon omistajan ja liikennöintiyrityksen tulee olla täysin erillään toisistaan. Esimerkiksi Saksan valtiollinen rautatieyhtiö *Deutsche Bahn AG* koostuu kolmesta tytäryhtiöstä: *DB Bahn*, joka on henkilöliikenteen liikennöitsijä, *DB Schenker*, joka on rahtiliikenteen liikennöitsijä sekä *DB Netze*, joka omistaa rautatieinfrastruktuurin. Tämä on yhtä lailla direktiivin mukainen yhtiöjärjestely. (Schwilling & Bunge, 2014 s. 88)

2.1 Rautatiepaketit

Euroopan unionissa on pyritty saattamaan voimaan mahdollisimman paljon rautateiden määräyksiä ja asetuksia kerralla. Näitä direktiivi- ja asetuskokoelmia kutsutaan yleisesti rautatiepaketeiksi, ja niitä on saatettu tähän mennessä (huhtikuussa 2016) voimaan kolme kappaletta ja yksi on valmisteilla. Voimassaolevissa paketeissa on annettu yhteensä kahdeksan direktiiviä ja kolme asetusta.

Ensimmäinen Euroopan unionin rautatiepaketeista tuli voimaan vuonna 2001. Se käsittää direktiivit 2001/12/EY, 2001/13/EY ja 2001/14/EY. Ensimmäistä rautatiepakettia kutsutaan usein *infrastruktuuripaketiksi*, sillä näissä direktiiveissä käsitellään pääasiassa infrastruktuurin käyttöoikeuksia. Tämän paketin säädösten mukaan kaikille toimijoille tulee taata yhtäläiset oikeudet ja mahdollisuudet päästä liikennöimään kansalliselle junaverkolle. (Nolte 2016, s.18)

Toinen rautatiepaketti käsittää direktiivit 2004/49/EY, 2004/50/EY ja 2004/51/EY sekä asetuksen 881/2004. Yhtenä näkyvimmistä muutoksista oli rahtiliikenteen täydellinen vapautuminen kilpailulle vuoden 2007 alusta. Toisen rautatiepaketin myötä perustettiin Euroopan unionin alaisuuteen Euroopan rautatievirasto, jonka tehtävänä on valvoa Euroopan rautateitä ja yhtenäistää standardeja Euroopassa. Toisessa rautatiepaketissa myös luotiin yhteiseurooppalaiset turvallisuussäädökset rautateille. (Nolte 2016, s. 18)

Kolmas rautatiepaketti hyväksyttiin Euroopan parlamentissa syyskuussa 2007, ja siihen kuuluu direktiivit 2007/58/EY ja 2007/59/EY ja asetukset 1370/2007 ja 1371/2007. Tässä paketissa yhtenäistettiin veturinkuljettajien koulutus ja ajolupakäytännöt. Asetuksissa

määrättiin myös matkustajien oikeuksista rautateillä, muiden muassa matkustajien oikeudet korvauksiin myöhästymis- ja peruuntumistapauksissa.

Neljäs rautatiepaketti on vielä (huhtikuussa 2016) valmisteilla oleva direktiivi- ja asetuspaketti, jonka tarkoitus on entisestään lisätä kilpailua raiteilla ja asettaa ehtoja monopoleille, sekä parantaa matkustajien oikeuksia. Myös tämän paketin tullessa voimaan valtiot voivat myöntää vuoteen 2022 saakka matkustajaliikenteeseen täysiä monopoleja, mutta tällöin valtioiden on perusteltava säätelyelimelle miten monopoli täyttää tehokkuus- ja laatumääritykset. Mikäli EU ei hyväksy kyseisiä perusteluita voidaan jäsenmaa pakottaa avaamaan liikenne kilpailulle. Neljännen rautatiepaketin direktiivit ja asetukset tulevat voimaan kun ne on hyväksytty Euroopan parlamentissa. (Euroopan parlamentti, 2013)

3 Kansalliset standardit

Suomessa rautateiden suunnittelustandardit määritellään liikenneviraston *Ratateknisissä ohjeissa*, joista usein käytetään lyhennettä **RATO**. Rautatietekniset ohjeet koostuvat 21 osasta, jotka on lueteltu taulukossa 1. Ensimmäinen osa on julkaistu vuonna 1995 ja niitä on lisätty ja päivitetty sitä mukaa kun standardeja on muutettu.

Saksassa rautateiden suunnittelua ohjaa *Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung* (lyhennetään usein EBO) eli vapaasti suomentaen *Rautateiden rakennus- ja toiminta-asetus*. Nykyinen EBO on ollut voimassa jo vuodesta 1967, joskin alkuperäinen rautateiden rakennusstandardi on vuodelta 1905. Toisin kuin Suomessa käytettävissä olevissa Ratateknisissä ohjeissa, koostuu Saksan rautatieasetus vain yhdestä julkaisusta. Myös EBO:ta päivitetään jatkuvasti, uusimmat päivitykset on hyväksytty joulukuussa 2015. (Bundesgesetzblatt, 2015, s. 2105)

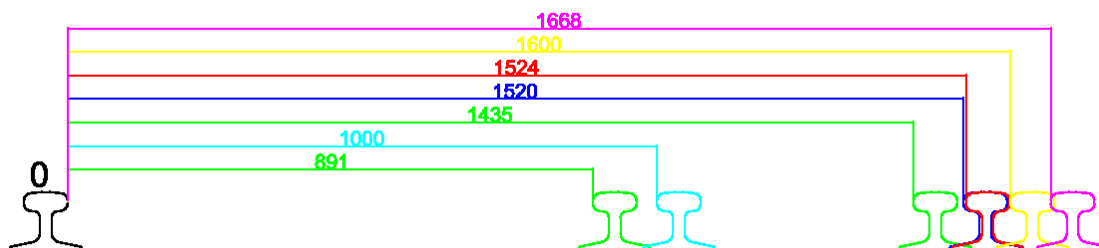
Taulukko 1: Rautatieteknisten ohjeiden osat (Lähde: Liikennevirasto)

#	Nimi	Nykyinen voimassa
RATO 1	Yleiset perusteet	1995
RATO 2	Radan geometria	2010
RATO 3	Radan rakenne	2015
RATO 4	Vaihteet	2013
RATO 5	Sähköistetty rata	2013
RATO 6	Turvalaitteet	2014
RATO 7	Rautatieliikennepaikat	2011
RATO 8	Rautatiesillat	2013
RATO 9	Tasoristeykset	2004
RATO 10	Junien kulunvalvonta JKV	2014

RATO 11	Radan päällysrakenne	2002
RATO 12	Päällysrakennehitsaus	1998
RATO 13	Radan tarkastus	2004
RATO 14	Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito	2013
RATO 15	Radan kunnossapito	2000
RATO 16	Väylät ja laiturit Laiturien kunnossapitosäännöt ja henkilökunnan pätevyysvaatimukset	2009 2010
RATO 17	Radan merkit	2009
RATO 18	Rautatietunnelit	2008
RATO 19	Jatkuvakiskoraiteet ja –vaihteet	1998
RATO 20	Ympäristö ja rautatiealueet	2013
RATO 21	Liikkuva kalusto	2013

4 Raideleveys

Rautateiden raideleveys mitataan kiskon pään eli hamaran sisäreunasta toiseen eli raideleveys on siis kahden vierekkäisen kiskon sisämitta. Raideleveydet on usein alun perin määritetty jalkojen ja tuumien avulla, koska ensimmäiset rautatiet on rakennettu Yhdistyneessä Kuningaskunnassa, jossa metrijärjestelmä on otettu käyttöön vasta 1900-luvun loppupuolella. Erilaisia leveyksiin on päädytty, koska rautatieverkostot ovat olleet rakentamishetkellään vain alueellisten yhtiöiden käytössä, jolloin rajojen ylityksiä naapurimaihin ei ole nähty tarpeelliseksi tai eri leveys on valittu myös estämään naapurimaita käyttämästä verkkoa. Erilaisiin leveyksiin on päädytty myös, koska eri maissa oli käytössä eri määritelmiä jalan pituudelle. Esimerkiksi tässä osuudessa mainittuja raideleveyksiä on brittiläisen jalan (304,8 mm) lisäksi mitoitettu ruotsalaisen jalan (296,9 mm), kastilialaisen jalan (278,6 mm) ja portugalilaisen jalan (332,8 mm) mukaan.



Kuva 1: Eri raideleveydet mittakaavassa, mitat millimetreinä (Oma piirros)

Yleisesti kapeita raideleveyksiä on suosittu paikoissa joissa tarvitaan pientä kaarresädettä, esimerkiksi raitioteilla tai vuoristojen radoilla. Leveämpi raideleveys puolestaan takaa paremman stabiiliuden ja mahdollistaa suurikokoisemmat veturit.

4.1 Standardileveys 1 435 mm (4' 8½'')

Maailmalla ja myös Euroopassa yleisin raideleveys on 1 435 mm ja tästä käytetään usein nimitystä *standardileveys*. Leveys periytyy maailman ensimmäisestä kaupallisesta rautatiestä Yhdistyneessä Kuningaskunnassa Stockton-on-Teesin ja Darlingtonin välillä, jossa leveys raiteiden sisäreunojen välille oli määritetty 4 jalan ja 8½ tuuman etäisyydelle. Kyseinen leveys standardisoitiin Britanniassa vuonna 1846.

4.2 Leveäraiteiset radat

Leveäraiteisella radalla tarkoitetaan kaikkia niitä ratoja, joiden raideleveys on yli kansainvälisen standardileveyden 1 435 mm.

4.2.1 1 520 mm / 1 524 mm (5')

1 520 mm / 1 524 mm raideleveys on Euroopassa käytössä alueilla, joissa rataverkko on perustettu Venäjän keisarikunnan alaisuudessa. Raideleveys on ollut kaikkialla alkujaan 1 524 mm, joka vastaa tasan viittä jalkaa, mutta se määritettiin Neuvostoliitossa uudestaan 1960-luvulla leveyteen 1 520 mm. Varsinaisia raideleveyden muutoksia ei kuitenkaan tehty, vaan leveyden muutos toteutettiin tiukentamalla standardeja. Neljän millimetrin ero raideleveyksissä ei aiheuta yhteensopivuusongelmia, sillä rautateiden leveyden virhemarginaali Suomessa yli 120 km/h liikennöintinopeuteen suunnitelluilla radoilla on 1 519 mm – 1 552 mm (Liikenteen turvallisuusvirasto 2013, s. 85). Joillakin liikennepaikoilla Suomessa on kuitenkin asetettu rajoituksia venäläisellä standardilla rakennetulle kalustolle (Liikennevirasto, 2015, Liite 18).

1 524 mm raideleveys periytyy Venäjän keisarikunnasta, jossa se valittiin raideleveydeksi vuonna 1843 kun Moskova-Pietari-rataa alettiin rakentaa. Radalle suunniteltiin alun perin peräti kuuden jalan eli 1 829 mm raideleveyttä, mutta lopulta rata rakennettiin viiden jalan levyisenä. Sekä kuuden että viiden jalan raideleveyksiä oli rakennettu aiemmin jo Yhdysvaltoihin, josta myös suunnittelussa mukana olleet avunantajat olivat. Radalle valittiin eri raideleveys kuin muualla Euroopassa oli jo muodostunut standardiksi, koska ajateltiin, että leveämmät junat olisivat tasapainoisempia ja mahdollistaisivat suuremmat nopeudet. Moskova-Pietari-rataa ei myöskään aiottu liittää muuhun rataverkkoon, eikä siitä aiottu tehdä standardileveyttä koko Venäjälle, joten eri raideleveyttä ei nähty ongelmana. Eri raideleveys myös vaikeuttaa mahdollisessa sotatilanteessa tunkeutuvan maan etenemistä, sillä sen oma junakalusto ei ole yhteensopiva rataverkon kanssa. Se ei

kuitenkaan ollut syy siihen, että Venäjällä päädyttiin eri raideleveyteen kuin muualla Euroopassa. (Haywood, 1969, s. 78)

Koska 1 435 mm ja 1 520 mm / 1 524 mm raideleveyksien ero on niin pieni (ilman virhemarginaaleja 85/89 mm) ei samoille ratapölkyille voi rakentaa molempia raideleveyksiä kolmella kiskolla vaan rata on rakennettava neljällä kiskolla limittäin.



Kuva 2: Suomen ja Ruotsin välinen rautatiesilta Tornionjoen yli Tornion ja Haaparannan välillä. Kiskoparien oikeanpuoliset kiskot kuuluvat Ruotsin 1 435 rataverkkoon ja vasemmanpuoleiset Suomen 1 524 mm rataverkkoon. (Lähde: Wikimedia/Methem)

4.2.2 1 600 mm (5' 3")

1 600 mm eli viiden jalan ja kolmen tuuman raideleveys on Euroopassa käytössä ainoastaan Irlannissa ja Yhdistyneeseen Kuningaskuntaan kuuluvassa Pohjois-Irlannissa. Euroopan ulkopuolella raideleveys on käytössä osissa Australiaa ja Brasiliiaa. Raideleveydestä ei aiheudu haittaa rajanylittävälle liikenteelle Euroopassa, koska Irlanti ja Pohjois-Irlanti sijaitsevat saarella.

1 600 mm ja standardilevyinen 1 435 mm leveä rata on mahdollista rakentaa kolmikiskoisena monikiskoratana, mikäli käytetään kevyempää kiskotusta. Nykyisin kaukoliikenteen radoilla yleisimmässä käytössä oleva raskain UIC60-kiskotus ei mahdollista kolmea kiskoa, sillä marginaali 1 435 ja 1 600 mm oikeanpuoleisten kiskojen väliin jäisi liian pieneksi.

4.2.3 1 668 mm

1 668 mm raideleveys on Euroopassa käytössä Espanjassa ja Portugalissa. Espanjan raideleveys oli alkujaan kuusi kastilialaista jalkaa eli 1 672 mm ja Portugalin viisi portugalilaista jalkaa 1 664 mm. Portugalin radat rakennettiin alkujaan brittiläisen standardin mukaisesti 1 435 mm raideleveydelle, mutta muutettiin 1870-luvulla viiteen portugalilaiseen jalkaan jotta rajat ylittävä liikenne Espanjan kanssa mahdollistuisi.

Espanjassa tehtiin vuonna 1988 päätös, jonka mukaan kaikki uudet suurnopeusradat rakennetaan 1 435 mm levyisiksi mahdollistaen yhtenäisen suurnopeusverkon rakentamisen Ranskan ja edelleen muun Keski-Euroopan kanssa. (García Álvarez, 2010, s. 7) Koska Espanjassa kaikkein nopeimmat suurnopeusjunat eivät voi käyttää raideleveyden vuoksi perinteistä verkostoa hyödykseen, on Espanjassa nykyään Euroopan laajin suurnopeusratojen verkosto, jolla on mittaa noin 3 100 km. (Railway Gazette, 2013)

4.3 Kapearaiteiset radat

Kapearaiteiset radat ovat ratoja, joiden raideleveys on alle 1 435 millimetriä. Kapearaiteisia ratoja on usein käytetty erityisesti teollisuus- ja yksityisratoina pienempien rakennuskustannusten vuoksi, mutta Euroopassa niitä ei ole juurikaan käytetty kaupunkien välisillä rataosuuksilla. Kapearaiteiset radat sopivat hyvin mutkaisille radoille, sillä kapeampi raideleveys sallii pienemmät kaarresäteet.

4.3.1 1 000 mm

1 000 mm raideleveys ei ole Euroopassa käytössä kaukoliikenteen radoilla, mutta se on hyvin yleinen raideleveys raitioteillä ja Sveitsin yksityisillä vuoristoradoilla. Euroopan unionin alueella suurin 1 000 mm verkosto on Espanjassa. Siellä 1 000 mm leveydellä on rakennettu osa Valèncian ja Baskimaan lähijunaradoista. Kumpikaan järjestelmä ei kuitenkaan ole kansallisen junayhtiön RENFE:n liikennöimää.

4.3.2 891 mm

891 mm vastaa kolmea ruotsalaista jalkaa. 891 mm leveyteen rakennettuja ratoja on ainoastaan Ruotsissa, jossa on ennen ollut suuri määrä linjoilla, joissa täyteen standardileveyteen rakentaminen olisi ollut tarpeetonta tai kannattamatonta. Suurin osa näistä radoista on kuitenkin liikennevirtojen muutosten myötä lakkautettu, pieni määrä on muutettu 1 435 mm leveyteen tai säästetty museoliikenteessä. Päivittäisessä matkustajaliikenteessä 891 mm levyistä rataa on vielä käytössä Tukholman lähiliikenteessä *Roslagsbanan*-radalla. Rataa ei olla muuttamassa standardileveyteen, vaikka erikoinen

raideleveys nostaakin huomattavasti radan ylläpito- ja uushankintakustannuksia kun kaikki laitteet ja kalusto pitää teettää erikseen. (Göransson, 2013)

4.4 Raideleveyden muutokset

4.4.1 Telinvaihto

Telinvaihto on perinteinen tapa vaihtaa raideleveyttä sellaisissa paikoissa, missä kuorman uudelleenlastaaminen ei ole aikataulullisesti tai logistisesti järkevä vaihtoehto. Teliä vaihtaessa koko vaunu nostetaan ilmaan, jotta vanhan raideleveyden teli saadaan irrotettua ja siirrettyä syrjään uuden raideleveyden telin tieltä. Vaikka operaatio vie paljon aikaa ja vaatii paljon työvoimaa, on se silti usein kannattavampi ratkaisu kuin uudelleenlastaaminen.



Kuva 3: Telinvaihto Venäjän ja Kiinan välisellä rajalla (Lähde: Wikimedia/Schutz)

4.4.2 Vaihtuvalevyinen teli

Vaihtuvalevyinen teli on käytössä matkustajaliikenteessä Espanjassa, jotta junat voivat käyttää sekä vanhaa 1 668 mm rataverkkoa että uutta 1 435 mm rataverkkoa. Tämän järjestelmän prototyypin on kehittänyt espanjalainen raidevälinevalmistaja Talgo. Ensimmäinen tämän tyyppin muuntaja on kehitetty jo vuonna 1969, jolloin sitä käytettiin

ainoastaan vaunujen raidelevyden muuntamiseen. Vuodesta 1999 alkaen myös veturien ja moottorijunien raidelevyden muuttaminen on ollut mahdollista. (García Álvarez, 2010, s. 11)

Vaihtuvalevyisen telin raidelevyden vaihtojärjestelmä toimii seuraavasti: juna ajaa muuntajaan, joka ensin nostaa vaunua ilmaan niin että pyörien päällä ei ole enää painoa. Tämän jälkeen pyörien lukitus avataan ja muuntajassa oleva ohjuri ohjaa pyörän uuden raidelevyden vaatimalle etäisyydelle. Kun pyörä on saatu oikealle paikalle, lukitaan pyörä jälleen paikalleen, jonka jälkeen juna voi jatkaa matkaansa. Koko järjestelmä on täysin automatisoitu, eli esimerkiksi lukitusten avaamiseen ei tarvita työvoimaa, vaan juna voi ajaa pysähtymättä noin 15 kilometrin tuntinopeudella muuntajan läpi. (García Álvarez, 2010, s. 11)



Kuva 4: Raidelevydenmuuntoasema Espanjassa (Lähde: LivingRail)

4.4.3 Monikiskorautatie

Mikäli rataosuudella kulkee paljon eri raidelevyksien kalustoa, eikä telin- tai raidelevyden vaihto ole mahdollista taikka järkevää, voidaan junarata kiskottaa myös usealle eri raidelevydelle. Riippuen raidelevyksien eroista voi radan kiskottaa kahdelle eri raidelevydelle joko kolmella tai neljällä kiskolla. Mikäli käytössä on kolme kiskoa, on yksi kisko yhteinen molemmilla raidelevyksissä, kun taas nelikiskoradassa molemmissa raidelevyksissä on täysin omat kiskonsa. Monikiskorautatien ongelmiksi voi laskea

rakennuskustannusten lisäksi myös sen, että junat eivät silloin kulje rata-alueen keskellä. Tällöin tulee rataa rakenteessa huomioida kasvanut aukean tilan ulottuma, eli junaradan ympäristön laitteiden ja rakennelmien tulee olla huomattavasti kauempana radalta kuin tavallisesti, tämä saattaa aiheuttaa hankaluuksia esimerkiksi rautatieasemilla ja laitureilla.

Mikäli rata halutaan kiskottaa vain kolmella kiskolla, tulee raideleveyksien eron olla suuri. Raideleveys on aina raiteiden sisämitta, joten raideleveyksien erotukseen pitäisi siinä tapauksessa saada mahtumaan yksi kokonainen kisko, leveämmällä raiteella kulkevan junan pyörä ja myös huomioida radanrakentamisen virhemarginaalit. Esimerkiksi Suomen 1 524 millimetrin raideleveyden virhemarginaali hitaimmilla radoilla on 1 554 mm. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomen raideleveydelle on Euroopassa käytössä olevista raideleveyksistä lähes mahdotonta kiskottaa kolmikiskoista rautatietä, poikkeuksena ainoastaan metrin raideleveys, joka voisi tulla kyseeseen lähinnä Helsingin raitiotien yhteydessä.

Taulukko 2: Monilevyiseen rautatiehen tarvittavien kiskojen määrä

1 000	1 000				
1 435	3	1 435			
1 520	3	4	1 520		
1 600	3	3/4	4	1 600	
1 668	3	3	4	4	1 668

5 Sähköistys

Koska veturin tarvitsema teho on jännitteen ja sähkövirran tulo, suurempi jännite laskee tarvittavaa sähkövirtaa. Suurempi virta vaatii kulkeakseen aina paksumman tai lyhyemmän sähköjohtimen.

Esimerkiksi saksalaisen Siemensin kehittämä *Velaro*-suurnopeusjuna on yleisessä käytössä monilla kansainvälisillä rataosuuksilla, joissa on käytössä eri sähköistysjärjestelmiä. Tämän junatyypin nimellisteho on 8 000 kW. (Siemens, 2014, s. 1) Junan liikkuessa Saksassa, Itävallassa tai Sveitsissä 15 kV rataverkolla, saavuttaakseen huipputehonsa täytyy laskennallisesti sähköverkossa kulkea 533,3 ampeerin sähkövirta. Ranskassa puolestaan on 25 kV jännite, jolloin sähkövirta laskee 320 ampeeriin. Mikäli junayksikkö

kulkisi täydellä teholla Belgian 3 kV verkossa, tarvittaisiin täyteen tehoon 2 666,7 ampeeria ja Alankomaissa peräti 5 333,3 ampeeria. Näin suuri sähkövirta aiheuttaa erittäin suuren rasituksen sähköverkolle.

5.1 Standardit

Rautateiden sähköistyksiä on Euroopassa kahta päätyyppiä: vaihtovirta- ja tasavirtasähköistyksiä. Tasavirtasähköistykset, kuin myös matalan jännitteen vaihtovirtasähköistykset ovat pääasiassa hyvin vanhoja sähköistyksiä, kun taas korkeaajännitteiset ovat myöhemmin käyttöön otettuja.

5.2 Vaihtovirta

5.2.1 25 kV 50 Hz

Nykyisin 25 kV 50 Hz on yleisin uusi sähköistysjärjestelmä rautateillä. Kansallisena standardina se on käytössä Suomessa, Tanskassa, Liettuassa, Romaniassa, Unkarissa, Bulgariassa, Kreikassa, Kroatiaassa, Portugalissa, Pohjois-Ranskassa, Etelä-Tšekissä ja Etelä-Slovakiassa. Lisäksi Espanjassa ja Italiassa se on käytössä suurnopeusratojen sähköistysenä. Euroopan ulkopuolella se on käytössä myös Kiinassa, osassa Japania. Yhdysvalloissa osa rautatiestä on sähköistetty samalla jännitteellä, mutta 60 Hz taajuudella, joka on muun sähköverkon taajuus. 25 kV 50 Hz järjestelmästä on tullut käytännössä standardi, sillä se on nykyään käytössä olevista sähköistysverkoista tehokkain. Kaikissa muissa sähköistysjärjestelmissä sähkövirran taajuutta pitää aina muuntaa jollakin tapaa, ja jokaisen muunnon yhteydessä tapahtuu hävikkiä.

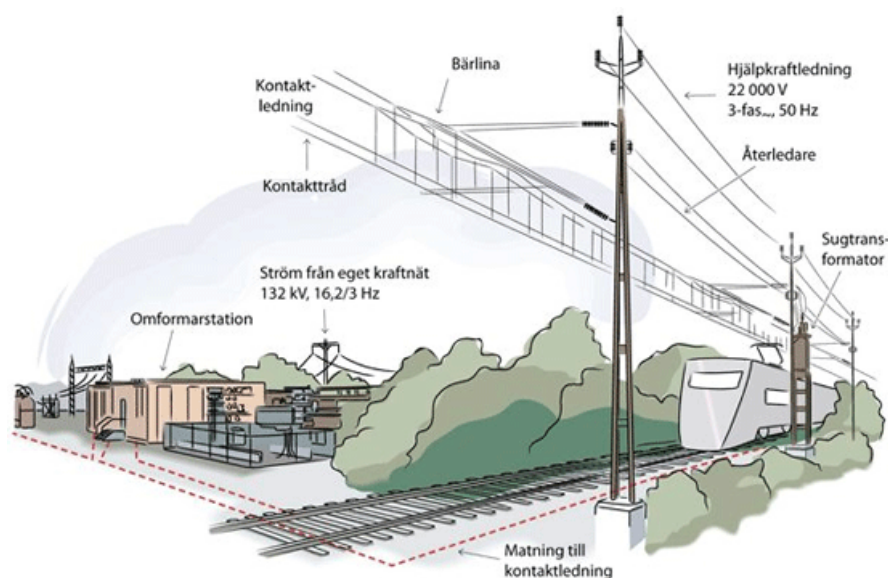
5.2.2 15 kV 16 2/3 Hz

15 kV sähköistys 16 2/3 Hz taajuudella on Euroopassa käytössä Ruotsissa, Norjassa, Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä. Yhteistä näille kaikille on se, että näissä maissa sähköistys on aloitettu hyvin aikaisin, jolloin tekniikan kehittymättömyydestä johtuen oli helpompi rakentaa ajomoottorit pienemmällä taajuudella kuin 50 Hz. (Trafikverket, 2014, s. 5)

Tämän sähköistuksen suurin ongelma on taajuus. 16 2/3 Hz on yksi kolmasosa tavallisen sähköverkon taajuudesta. Tämä vaatii joko erillisen sähköverkon pelkästään rautateiden sähköistystä varten tai sähkönmuuntoasemia, joissa valtakunnan sähköverkosta otettu 50 Hz sähkö muutetaan 16 2/3 Hz taajuiseksi. (Trafikverket, 2014, s. 7)

16 2/3 Hz taajuista sähköä käytetään ainoastaan junien ajomoottoreissa, joten esimerkiksi opasteissa, vaihteiden lämmityksessä ja asemilla tarvittava sähköä ei voida ottaa suoraan radan sähköistysverkosta. Niitä varten on siten rakennettava oma erillinen 50 Hz käyttävä apuvirtaverkosto tai käytettävä paikallista sähköverkkoa. (Trafikverket 2014, s. 13).

Vaikka 50 Hz muuttaminen nostaisikin sähköistysverkon tehokkuutta, kun muuntojen ja sitä myöten hävikin määrän pitäisi vähentyä, ei sitä ole nähty tarpeelliseksi suurten kustannusten vuoksi. Muutoksen kustannukset ovat suuret, koska kaikki sähköistykseen liittyvä infrastruktuuri ja kalusto pitäisi rakentaa uudelleen. (Trafikverket, 2014, s. 5) Myös rataympäristön rakenteisiin vaadittaisiin suuria muutoksia, sillä 25 kV jännitejohdon suojaetäisyys korkeussuunnassa on 140 mm suurempi (EBO, 1967, s. 30).



Kuva 5: Ruotsin sähköistysjärjestelmä yksinkertaistettuna (Lähde: Trafikverket)

5.3 Tasavirta

5.3.1 1,5 kV

1,5 kV tasavirtaverkko on melko harvinainen Euroopassa kaukoraiteiden sähköistysjärjestelmä, sillä on sähköistetty ainoastaan Alankomaiden ja Irlannin rataverkko sekä eteläinen osa Ranskan perinteisestä rataverkosta. 1,5 kV tasavirtaverkko on epäkäytännöllinen kaukoradoilla sen vaatiman suuren sähkövirran vuoksi.

5.3.2 3 kV

3 kV on rautateillä käytetyistä tasavirtasähköistyksistä kaikkein yleisin. Se on käytössä Euroopassa Venäjällä, Virossa, Latviassa, Puolassa, Belgiassa, Pohjois-Tšekissä, Pohjois-Slovakiassa, Sloveniassa ja pääosassa Espanjaa ja Italiaa.

Taulukko 3: Rautateiden sähköistysjärjestelmät Euroopan unionin alueella (Lähde: Trafikverket 2014, s. 6)

1,5 kV	=	Alankomaat, Irlanti, Etelä-Ranska
3 kV	=	Belgia, Espanja, Latvia, Pohjois-Tšekki, Pohjois-Slovakia, Puola, Venäjä, Viro
15 kV	~ 16 2/3 Hz	Itävalta, Norja, Ruotsi, Saksa, Sveitsi
25 kV	~ 50 Hz	Portugali, Suomi, Tanska, Etelä-Slovakia, Etelä-Tšekki, Pohjois-Ranska
25 kV	~ 50 Hz	Vain suurnopeusradoilla: Alankomaat, Espanja, Italia

5.4 Järjestelmärajan ylitykset

5.4.1 Monijärjestelmäveturi

Monijärjestelmäveturi on veturi, joka on varustettu useammalla eri sähköistys- ja kulunvalvontajärjestelmällä. Ensimmäinen malli on jo vuodelta 1959, jolloin AEG valmisti kolme monijärjestelmäveturia Länsi-Saksan kansalliselle rautatieyhtiölle Detusche Bundesbahnille. Nämä veturit kykenivät kulkemaan sekä 15 kV 2/3 Hz että 25 kV 50 Hz sähköistetyillä radoilla, eli siis Saksassa, Itävallassa, Sveitsissä ja Pohjois-Ranskassa.

Monijärjestelmäjunissa on myös omat haittapuolensa, minkä takia kaikkea kalustoa ei useinkaan tehdä kaikille järjestelmille sopivaksi. Suurimpia haittapuolia ovat paino ja hinta. Esimerkiksi Saksan rautateiden ICE-TD-suurnopeusjunat muutettiin vuonna 2007 sisäisestä liikenteestä kansainväliseen liikenteeseen sopiviksi. Vaikka junat olivat dieselkäyttöisiä eli niihin piti lisätä vain uusi kulunvalvontajärjestelmä, lisääntyi junayksiköiden massa noin tonnilla. Junayksikön muutos maksoi arviolta miljoona euroa kappale – huomattava lisäys kun yhden junayksikön alkuperäinen hinta oli ollut noin seitsemän miljoonaa euroa. Ja tämä lisäys tapahtui pelkästään kun juna varustettiin Saksan lisäksi Tanskan liikenteeseen, eli vain yhteen uuteen kulunvalvontajärjestelmään. (Wille, 2007)

5.4.2 Veturin vaihto

Perinteisin tapa ylittää järjestelmäraja on vaihtaa veturi. Veturia vaihtamalla ei tarvitse varustaa junia useilla eri turvajärjestelmillä tai varsinkaan sähköistysjärjestelmillä, jolloin kaluston hankintahinta pienenee merkittävästi. Varsinkin rajat ylittävässä liikenteessä tämä

on ollut yksinkertainen tapa, sillä silloin rajan eri puolilla olevat osapuolet ovat aina hankkineet oman kalustonsa ja hoitavat liikennöinnin omalla puolella rajaansa omien tapojen ja ehtojen mukaan.

6 Ulottuma

Ulottuma on yksi merkittävimmistä esteistä rajat ylittävässä rautatieliikenteessä. Ulottuma siis rajaa suurinta käytettävissä olevaa kaluston kokoa. Ulottumalla voidaan tarkoittaa kahta eri asiaa: aukean tilan ulottumaa tai liikkuvan kaluston ulottumaa.

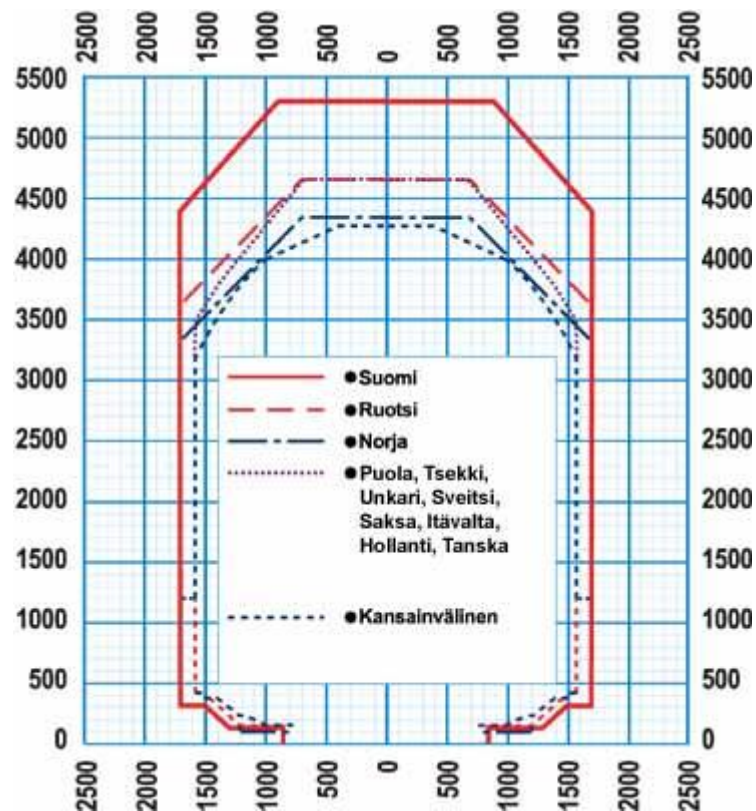
6.1 Aukean tilan ulottuma

Aukean tilan ulottuma (ATU) on se rautatien pituussuuntainen tila, jonka sisään ei saa rakentaa mitään rakenteita. Aukean tilan ulottuma pitää sisällään liikkuvan kaluston ulottuman jonka ympärillä on vapaa tila, jotta juna voi kulkea vapaasti. (Liikennevirasto 2010, s.47)

6.2 Liikkuvan kaluston ulottuma

Liikkuvan kaluston ulottuma (LKU) tarkoittaa siis rautatiekaluston suurinta sallittua kokoa. Suomessa on yksi Euroopan suurimmista liikkuvan kaluston ulottumista. Suomalaisen ulottuman suurin sallittu korkeus on 5 300 mm kiskon pinnasta ja suurin sallittu leveys 3 400 mm (Liikennevirasto). Esimerkiksi Saksaavassa vastaavat mitat ovat 4 860 mm korkeutta ja 3 295 mm leveyttä (EBO, 1969, s. 46).

Euroopassa pienin liikkuvan kaluston ulottuma on Yhdistyneessä Kuningaskunnassa, jossa on myös kaikkein vanhin rataverkko. Pääsääntönä voi pitää, että kalustoulottuma kasvaa aina itään päin mennessä, Suomessa ja entisessä Neuvostoliitossa on jo silminnähden suuremmat vaunut käytössä kuin Länsi-Euroopassa.



Kuva 6: Eri maiden kuormaulottumia, mitat ovat etäisyyksiä keskilinjasta tai kiskon yläpinnasta millimetreissä (Lähde: VR Transpoint)

7 Junien kulunvalvonta

Suurimmassa osassa maita on käytössä junien automaattinen kulunvalvonta, joka usein antaa kuljettajalle tietoa radalla vallitsevista olosuhteista ja rajoituksista. Kulunvalvonnan tarkoituksena on vähentää kuljettajan toiminnasta aiheutuvia vaaratilanteita tekemällä mahdolltomaksi rikkoa liikennesääntöjä raiteilla. Usealla eri rataverkolla kulkeva juna tai veturi tulee siis olla varustettuna kaikilla sen liikennöintialueen erillisillä kulunvalvontajärjestelmillä. (Wille, 2007)

7.1 ETCS

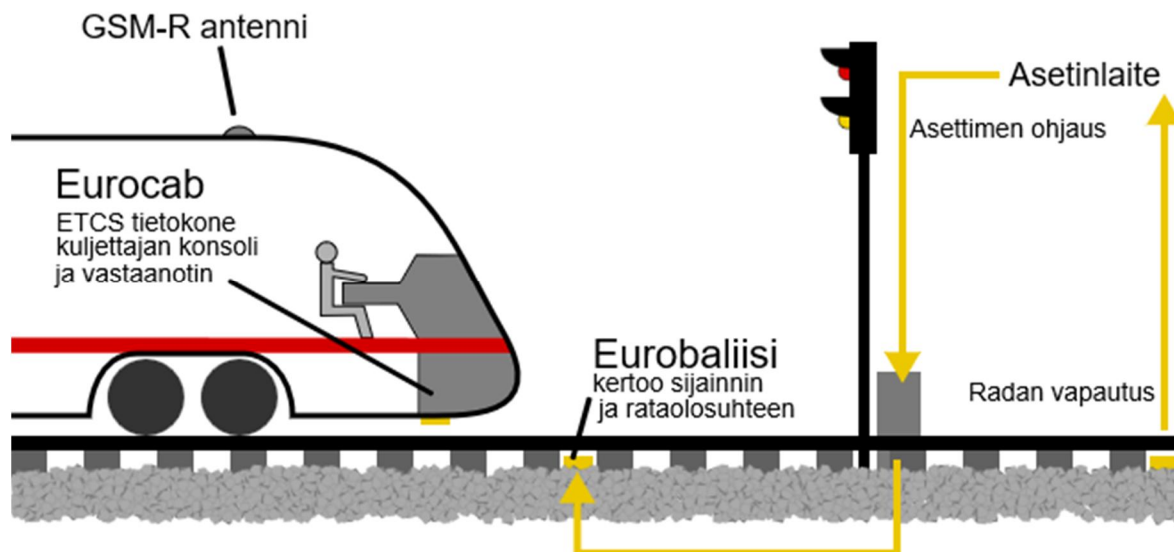
ETCS eli *European Train Control System* on yleisnimitys eritasoisille rautateiden kulunvalvontajärjestelmille. Kaikki ETCS-järjestelmät ovat takautuvasti yhteensopivia, eli ETCS 2-järjestelmällä varustettu juna voi kulkea ETCS 1-järjestelmällä varustetulla radalla, mutta ei ETCS 3-järjestelmän alla. ETCS 3-juna voi kulkea kaikilla radoilla. (Nolte 2016, s.19) Euroopassa on otettu käyttöön standardisoitu baliisi *Eurobaliisi*.



Kuva 7: Sähköistetty baliisi Sveitsissä Luzern-Bern-radalla (Oma kuva)

7.1.1 ETCS 1

Nimestään huolimatta ETCS 1 ei ole yhtenäinen junien kulunvalvontajärjestelmä vaan siinä määritellään toimintaperiaatteet kansallisille järjestelmille. Tässä järjestelmässä tiedot radan olosuhteista ja rajoituksista siirretään radanvarresta veturiin kiskojen väliin asennettujen baliisien kautta. Baliisien tehtävänä on tässä järjestelmässä sekä varmistaa junien sijainti ja radan vapautus, että toimittaa tieto asetinlaitteelta veturiin. Tämän vuoksi ETCS 1 –tasolla baliisien tulee olla sähköistettyjä. ETCS 1 –tasolla rautatien suojastus- eli opastinvälit ovat kiinteitä ja merkitty opastimin. (Nolte 2016, s.19)

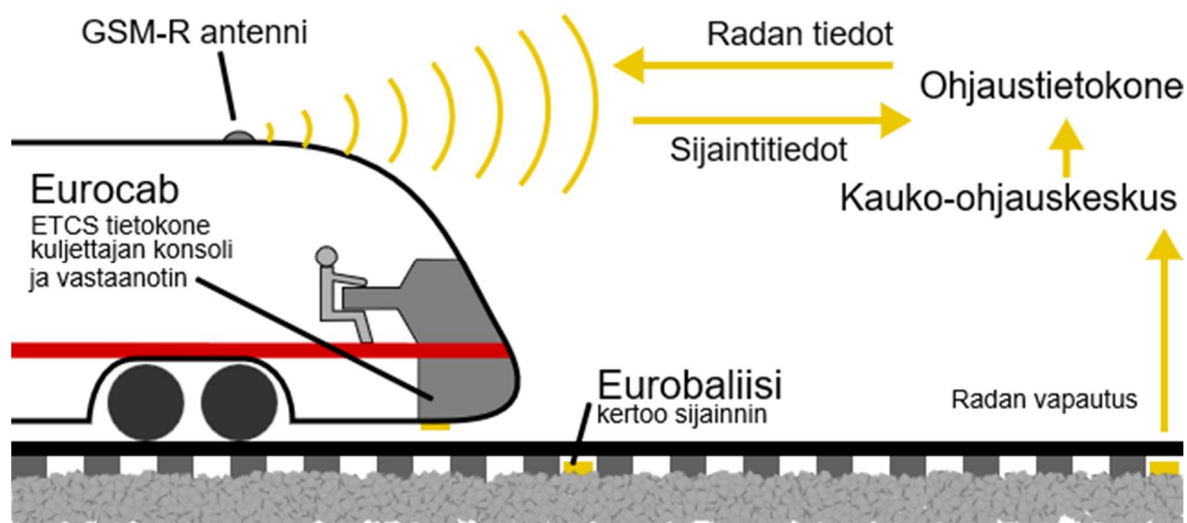


Kuva 8: ETCS 1 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)

7.1.2 ETCS 2

ETCS 2 –järjestelmässä ei enää käytetä lainkaan opastimia, vaan juna saa tiedon edessä olevan rataosan olosuhteista suoraan radioyhteydellä ohjauskeskuksesta. Junan sijainti varmistetaan baliiseilla ja akselilaskureilla, joten suojausvälien on oltava edelleen kiinteitä, tosin opastimia ei enää tarvita. ETCS 1 –tasoon verrattuna baliisit toimittavat veturin tietokoneeseen vain junan sijainnin, joten baliisin ei tarvitse olla sähköistetty. (Nolte 2016, s.19)

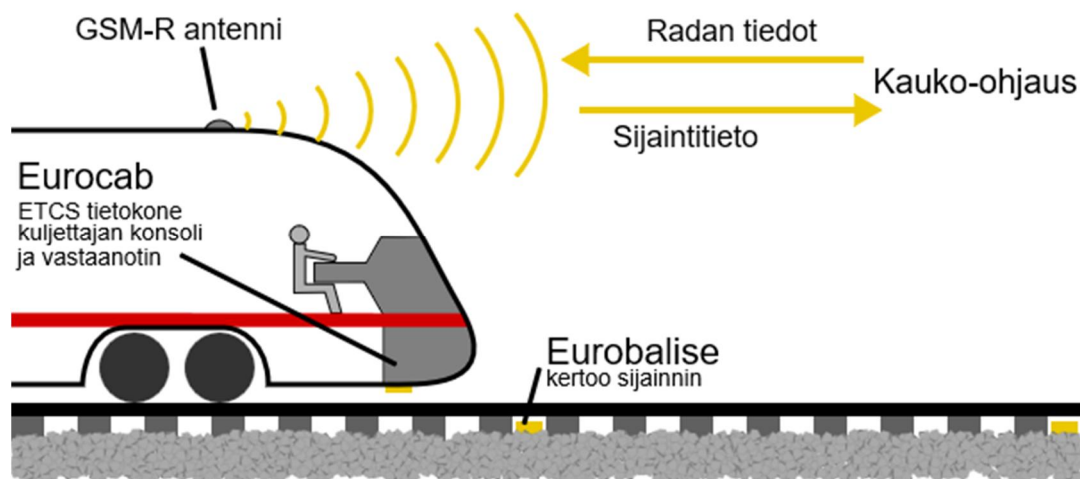
Uuden järjestelmän asentaminen on aina hyvin kallista ja aikaa vievää. Esimerkiksi Tanska on päättänyt jo vuonna 2009 muuttaa koko rautateittensä kulunvalvonnan ETCS 2 tasoon. Uuden järjestelmän pitäisi olla täysin valmis vuonna 2021 eli rakennusaika on peräti 12 vuotta. Rakennuskustannukset ovat kaikilta rataosuuksilta yhteensä noin 1,15 miljardia euroa, vaikka uudelleenvarustettavaa rataa onkin Tanskassa vain noin 2 170 kilometriä ja uudelleen varustettavaa junakalustoa vajaa tuhat kappaletta. (baneDanmark, 2016)



Kuva 9: ETCS 2 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)

7.1.3 ETCS 3

ETCS 3 on täysin radio-ohjattava junien kulunvalvonta. Tässä järjestelmässä junat lähettävät jatkuvasti sijaintinsa kulunvalvontakeskukseen. Sekä opastimet että baliisit ovat tässä järjestelmässä tarpeettomia, sillä junien sijainti on jatkuvasti tiedossa kulunvalvonnassa. Kuitenkin baliiseja käytetään tässäkin järjestelmässä varmistamaan junan sijainti (Kymäläinen, 2010, s.28). Käytännössä tällöin kuljettajaton ajo olisi mahdollista. Koska junien tarkka sijainti on jatkuvasti tiedossa, voidaan junia ajaa niin lähekkäin kuin mikä on junien keskimääräinen jarrutusmatka. (Nolte, 2016, s.19)



Kuva 10: ETCS 3 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)

7.2 Nykyiset kansalliset standardit

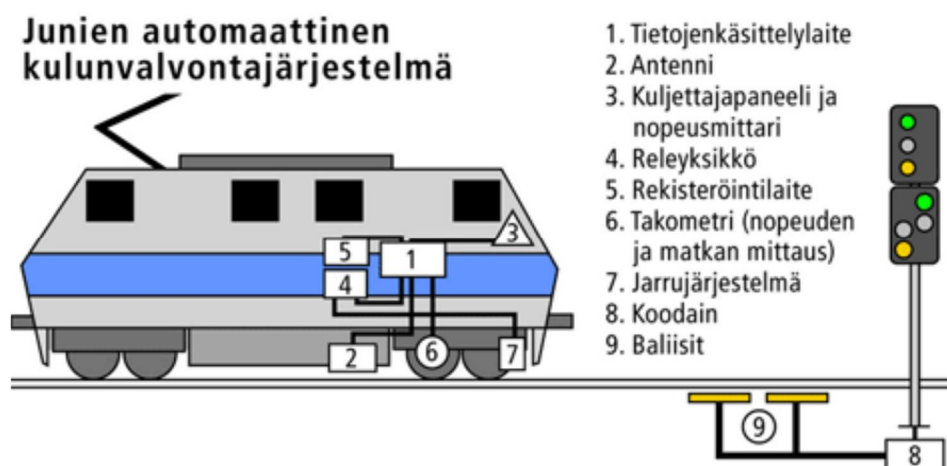
7.2.1 JKV

JKV eli *junien kulunvalvonta* on Suomen kansallinen standardi junien kulunvalvontajärjestelmille. Kansainvälinen lyhenne samalle järjestelmälle on *ATP-VR/RHK*, eli *Automatic Train Protection Valtionrautatiet/Ratahallintokeskus*. Nimi on nykyisin toki hieman harhaanjohtava, sillä VR:llä ei ole ollut mitään tekemistä rautateiden kiinteän infrastruktuurin kanssa vuoden 1995 jälkeen ja Ratahallintokeskuskin on liitetty osaksi Liikennevirastoa vuonna 2010.

Päätös JKV:n käyttöönotosta Suomessa on tehty vuonna 1988. Tämän päätöksen mukaisesti järjestelmän olisi pitänyt olla valmis päärataverkolla vuoteen 2002 mennessä. Kuitenkin Jokelan vuoden 1996 ja Jyväskylän vuoden 1998 junaturmista johtuen asennusaikataulua nopeutettiin. (Onnettomuustutkintakeskus, 1996, s. 51)

JKV-järjestelmä ei käynnisty automaattisesti junaa käynnistäessä, vaan junankuljettajan on erikseen kytkettävä se päälle, eikä poissa käytöstä olevasta kulunvalvontajärjestelmästä tule ilmoitusta keskusvalvomoon. Tämä on aiheuttanut ainakin yhden suuronnettomuusvaaran, kun Riihimäeltä Helsinkiin matkalla ollut lähijuna ajoi ilman kulunvalvontajärjestelmää Hyvinkäällä 150 km/h vaihteeseen, jonka suunniteltu nopeus oli 80 km/h. Juna pysyi kuitenkin voimakkaasta heilahduksesta huolimatta raiteilla. (Grönholm, 2015)

Suomen kulunvalvontajärjestelmä vastaa toimintaperiaatteeltaan ETCS1-tasoista kulunvalvontaa, mutta se ei ole virallisesti sen tasoinen. Kuitenkin välikappaleiden ansiosta Suomen junavalvontajärjestelmä täyttää eurooppalaiset määräykset pitkään. Suomessa siirtyminen täysin ETCS-tasoiseen järjestelmään hidastaa JKV-järjestelmän tuoreus. Järjestelmä on rakennettu niin myöhään, ettei sitä ole vielä taloudellisesti järkevä päivittää. (Kymäläinen, 2010, s. 22)



Kuva 11: JKV-järjestelmän toimintaperiaatteet (Lähde: Liikennevirasto)

7.2.2 PZB

PZB eli *Punktförmige Zugbeeinflussung* (suomennettuna *pistemäinen junaliikenteen ohjaus*) on Saksassa käytössä oleva kansallinen junien kulunvalvonnan järjestelmä. PZB on yksi maailman vanhimmista kulunvalvontajärjestelmistä, sillä sen ensimmäinen versio on jo 1930-luvulta. Toisin kuin modernit kulunvalvontajärjestelmät, PZB ei käytä lainkaan raiteiden väliin sijoitettuja baliiseja, vaan radan viereen määrätyin välein asennettuja sähkömagneetteja. Sähkömagneetit toimivat joko 1 000 Hz, 500 Hz tai 2 000 Hz taajuudella, jotka kertovat junalle mikäli edessä oleva pääopastin on pysähtymisasennossa.

Junan kulkusuuntaan nähden ensimmäinen magneetti on taajuudeltaan 1 000 Hz ja se on sijoitettu esiopastimen kohdalle. Mikäli seuraava pääopastin on seis-asennossa, junan ajaessa magneetin yli ohjaamossa syttyy varoitusvalo ja junankuljettajan on reagoitava siihen neljän sekunnin kuluessa ja aloitettava hiljentäminen. Mikäli kuljettaja ei reagoi, järjestelmä tekee automaattisen jarrutuksen. Kuljettajan on hidastettava 23 sekunnin aikana 85 kilometrin tuntivauhtiin. Mikäli juna liikkuu vielä viimeisimmän magneetin eli 2 000 Hz magneetin yli tekee junan tietokone automaattisen hätäjarrutuksen. (Tz-Zeitung 2016)

Koska PZB-järjestelmä alkaa olla vanhentunut ja pystyy välittämään vain rajatun määrän tietoa radan olosuhteista ohjaamoon, on suurin sallittu nopeus sellaisilla radoilla, jotka on

varustettu ainoastaan PZB-järjestelmällä 160 kilometriä tunnissa. Tätä suuremmilla nopeuksilla kuljettaessa junan tulee olla uudemman jatkuvan kulunvalvonnan eli *Linienzugbeeinflussung (LZB)* piirissä.



Kuva 12: PZB-sähkömagneetti raiteen vieressä (Lähde: Wikimedia/ACBahn)

7.3 Junaonnettomuudet

Junien automaattisen kulunvalvonnan päätarkoitus on ehkäistä junan kuljettajasta johtuvia onnettomuuksia. Euroopassa on kuitenkin sattunut useita rautatieonnettomuuksia, jotka olisi voitu välttää, mikäli radoilla olisi ollut käytössä automaattinen kulunvalvonta. Alla on esitelty muutamia onnettomuuksia, jotka muuttivat kyseisten maiden suhtautumista automaattiseen kulunvalvontaan.

7.3.1 Jokelan junaturma 1996 ja Jyväskylän junaturma 1998

Jokelan junaturma tapahtui Tuusulassa Suomen pääradalla huhtikuussa 1996. Siinä Oulusta Helsinkiin matkalla ollut yöpikajuna suistui raiteilta, kun juna ajoi 131 km/h ns. lyhyisiin vaihteisiin, jossa suurin sallittu nopeus on 35 km/h. Voimakkaasta sumusta ja puutteellisesta ennakkoinformaatiosta johtuen veturinkuljettaja ei ollut tietoinen poikkeuksellisesta raidejärjestelyistä eikä huomannut ajoissa tilannetta. Koska linjalla ei

vielä ollut kulunvalvontaa, pystyi juna jatkamaan matkaa nopeusrajoituksen vastaisesti. Vaikka onnettomuuteen olikin useita syitä, kuten sumu, muuttunut reitti, sekava ennakkoilmoitus, kaksi eri opastinjärjestelmää ja liian suuri nopeusero pääraiteen ja vaihteen välillä, olisi automaattinen kulunvalvonta korjannut kaikki virheet. Mikäli kulunvalvonta olisi asennettu ja ollut toiminnassa, olisi junan tietokone toteuttanut automaattisen hätäjarrituksen veturinkuljettajan ohitettua opastimen. (Onnettomuustutkintakeskus, 1996, s. 51)

Jyväskylän junaturma tapahtui maaliskuussa 1998 ja oli tapahtumaketjultaan liki samanlainen Jokelan junaturman kanssa. Jyväskylässä junan veturissa oli kaksi veturinkuljettajaa (veturinkuljettaja ja veturinlämmittäjä), joista kumpikaan ei ollut huomionnut ennakkovaroitusta poikkeuksellisesta raidejärjestelystä eikä huomannut opasteita jotka osoittivat tulevasta 35 km/h vaihteesta. Vaikka rata oli peruskorjattu vain kaksi vuotta aiemmin, ei radalle ollut asennettu Onnettomuustutkintakeskuksen suosituksesta huolimatta kulunvalvontajärjestelmää. Tässäkin tapauksessa toiminnassa ollut kulunvalvontajärjestelmä olisi automaattisesti hidastanut turvalliseen nopeuteen. (Onnettomuustutkintakeskus, 1998, s. 38)

7.3.2 Ladbroke Groven junaturma 1999

Ladbroke Groven junaturma on Lontoossa vuonna 1999 tapahtunut junaonnettomuus, jossa Lontoon Paddingtonin rautatieasemalta lähtenyt lähijuna törmäsi täydessä matkavauhdissa Cheltenhamista Lontoon Paddingtonin asemalle matkalla olleeseen pikajunaan. Lähijuna oli ajanut kuljettajan inhimillisestä virheestä johtuen seis-asennossa olleen opastimen ohi, ja päätynyt vastaantulevan junan kulkureitille. (Lord Cullen, 2000, s. 17)

Linjalle ei ollut asennettu automaattista kulunvalvontaa (ATP), sillä Britannian rautatieinfrastruktuuri oli vuonna 1994 yksityistetty *Railtrack*-nimiselle yhtiölle, joka oli päättänyt jättää järjestelmän asentamatta. Asentaminen oli jätetty tekemättä, sillä Railtrackin tilaamien laskelmien mukaan järjestelmän asentaminen olisi tullut kalliimmaksi kuin sillä saatavat hyödyt (Lord Cullen, 2000, s. 4). Britannian rautatieinfrastruktuuri lopulta kansallistettiin uudelleen vuonna 2002, kun Railtrack ajautui konkurssiin johtuen Ladbroke Groven sekä vuotta myöhemmin sattuneen Hatfieldin junaturman aiheuttamista suurista korjaustarpeista.

8 Liikenteen vapautuminen kilpailulle

Euroopan unionin vaatimuksesta rahtiliikenne rautateilla on ollut täysin vapaata kaikille halukkaille yrityksille jo vuodesta 2007. Euroopan unionin valtioiden välinen matkustajaliikenne vapautettiin kilpailulle vuoden 2010 alussa.

Suomessa VR Groupilla on yksinoikeus matkustajaliikenteessä vuoteen 2024 saakka. Alkuperäinen sopimus solmittiin vuonna 2009 ja se oli voimassa vuoden 2019 loppuun saakka, mutta sopimusta jatkettiin jo vuonna 2013 jatkumaan aina vuoteen 2024 saakka. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2013) Kyseiseen sopimukseen ei kuitenkaan kuulu Helsingin seudun lähiliikenne eli junaliikenne Helsingin, Espoon, Vantaan, Keravan, Kirkkonummen ja Kauniaisten sisällä. Tällä alueella *Helsingin Seudun Liikenne* (HSL) saa kilpailuttaa liikenteensä vapaasti. Nykyinen liikennöitsijä alueella on kuitenkin VR, jonka nykyinen liikennöintisopimus päättyy vuonna 2017.

8.1 Uusien yhtiöiden hyväksyminen raiteille

Kaikkein pisimmälle kilpailun vapauttamisessa on edetty Ruotsissa. (Trafikverket, 2016) Vaikka Ruotsissa entinen valtion monopoliyhtiö *Statens Järnvägar* SJ ajaa edelleenkin suurimman osan kaupunkienvälisestä liikenteestä, voi kuka tahansa kuitenkin perustaa oman rautatieyhtiön ja anoa lupaa ajaa vuoroja kaupunkien välillä. Ensimmäinen yksityinen junayhtiö, hongkongilainen MTR Express aloitti liikennöinnin Tukholman ja Göteborgin välillä maaliskuussa 2015 (MTR Nordic, 2016).



Kuva 13: Tukholman ja Göteborgin välillä liikennöivä yksityinen MTR Express (Lähde: MTR)

Suomessa kilpailulle avaamista vaikeuttaa poikkeuksellinen raideleveyden, sähköistysjärjestelmän, kulunvalvontajärjestelmän ja kuormaulottuman yhdistelmä. Käytettyä kalustoa ei löydy markkinoilta käytännössä lainkaan, sillä sama raideleveys on ainoastaan Itä-Euroopassa, ja siellä valmistetut junat ja vaunut eivät täytä sellaisenaan suomalaisia turvamääräyksiä. Uuden kaluston hankkiminen puolestaan asettaa kohtuuttoman kynnyksen uusille tulokkaille, sillä suomalaisiin oloihin räätälöity kalusto on erittäin kallista ja näiden toimitus Suomeen tapahtuisi vasta vuosien viiveellä. Yhtenä vaihtoehtona kilpailun avaamisen helpottamiseksi on ehdotettu VR:n kaluston myymistä tai vuokraamista muille yhtiöille. (Luukka, 2015) Periaatteellisella tasolla tämä on jo käytössä Helsingin lähiliikenteessä, sillä uusimmat Sm5-lähijunat ovat alueen kaupunkien omistaman *Pääkaupunkiseudun junakalusto Oy:n* omistuksessa. Kilpailutuksen voittanut yritys saa hankitun kaluston käyttöönsä. (Junakalusto, 2016)

8.2 Yksityistäminen

Isossa-Britanniassa toteutettiin suuri rautatieliikenteen yksityistäminen 1994–1997 välisenä aikana, mutta tämä ei kuitenkaan vapauttanut liikennettä kilpailulle. Junayhtiöt eivät kilpaile keskenään, vaan maa on jaettu useaan toiminta-alueeseen (engl. *Franchise*), joissa yksi yritys ajaa kaikkia reittejä yksinoikeudella. Näitä kilpailutettuja toiminta-alueita on

yhteensä 17, jonka lisäksi on kolme suurkaupunkien lähijunayhtiötä sekä seitsemän rataosuutta, joihin on vapaa pääsy. Lakien mukaan valtiolliset yhtiöt eivät saa osallistua kilpailuihin, mutta se koskee vain kotimaisia yrityksiä. Ranskan kansallinen rautatieyhtiö *SNCF*, Saksan kansallinen rautatieyhtiö *DB* ja Alankomaiden kansallinen rautatieyhtiö *Nederlandse Spoorwegen* ovat osaomistajia yhteensä yhdeksässä eri *franchisessa*. (Armitage., 2014)

Britanniassa vain kilpailutus on käytössä ainoastaan Englannissa, Skotlannissa ja Walesissa. Pohjois-Irlannin rautatiet ovat yhä kansallisen monopolin hallussa, osittain siitä syystä että Pohjois-Irlannissa on käytössä eri raideleveys, joka tekee kilpailuttamisesta vaikeaa.

9 Nykytilanne ja tulevaisuus

Euroopan unioni on tehnyt pitkäjänteistä työtä eurooppalaisen rautatieverkoston luomiseksi. Yhteisen rautatieverkon luomisessa on otettava kuitenkin huomioon kahdenlaiset esteet: liiketoiminnalliset esteet ja rakenteelliset esteet. Liiketoiminnalliset esteet liittyvät yhtiöiden pääsyyn rataverkolle ja mahdollisuuteen kilpailla toisiaan vastaan. Rakenteelliset esteet puolestaan tarkoittavat sitä, että eri valtioissa käytetään erilaisia standardeja rautateiden rakentamisessa.

Liiketoiminnallisten standardien yhtenäistäminen on edistynyt hyvin, tästä kertoo jo se, että rahtiliikenne on vapautettu Euroopan unionin sisällä täysin, kuin myös rajat ylittävä matkustajaliikenne. Kuitenkin valtioiden sisäisessä liikenteessä on paljon kehitettävää, sillä vapaa kilpailu ei toimi juuri missään Euroopan maassa täydellisesti.

Rakenteellisten standardien yhtenäistäminen on huomattavasti vaikeampi asia, sillä jo rakennetun infrastruktuurin korjaaminen ja muuttaminen yhteensopivaksi on sekä kallista että aikaa vievää. Toisaalta myöskään koko maan rakennusstandardien muuttaminen ei ole yksinkertaista, sillä käytännössä koko rataverkko pitäisi rakentaa samalla kertaa uusiksi, sillä muuten ajauduttaisiin tilanteeseen jossa eri puolilla maata pitäisi käyttää toisistaan poikkeavaa kalustoa, joka ei sekään ole järkevää tai kustannustehokasta. Kuitenkin myös rakenteellisten standardien yhtenäistämässä on tapahtunut edistymistä, suurimpana saavutuksena voidaan pitää yleiseurooppalaisen kulunvalvontajärjestelmän ETCS:n luomista. Vaikka ETCS on suurimmassa osassa maita vielä suunnitteluvaiheessa, luo yhdyntä kulunvalvonta suuria säästömahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Lähteet

- Armitage, J., 2014, Revealed: How the world gets rich – from privatising British public services, *Independent* [verkkojulkaisu]
<http://www.independent.co.uk/news/business/news/revealed-how-the-world-gets-rich-from-privatising-british-public-services-9874048.html> [luettu 18.4.2016]
- baneDanmark, 2016, *The Projects*, [verkkojulkaisu]
http://uk.bane.dk/visArtikel_eng.asp?artikelID=19631 [luettu 13.4.2016]
- Bundesgesetzblatt, 2016, Neunte Verordnung zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften, *Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015*, Bonn.
- Lord Cullen, 2000, The Ladbroke Grove Rail Inquiry - Part 1 Report, Lontoo: HSE Books
- EBO, 1967, Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung, Bonn.
- Euroopan parlamentti, 2013, Fourth Railway Package: lifting market entry barriers to improve passenger services. [verkkojulkaisu]
<http://www.europarl.europa.eu/news/en/news-room/20131217IPR31103/Fourth-Railway-Pack-lifting-market-entry-barriers-to-improve-passenger-services> [luettu 13.4.2016]
- García Álvarez, A., 2010, Automatic track gauge changeover for trains in Spain,
- Grönholm, P. 2015, Inhimillinen virhe syynä vaaraan Hyvinkäällä, *Helsingin Sanomat*, 11.8.2015
- Göransson, A., 2013, Dokument avslöjar ny miljardsmäll för SL, *Metro*, 8.3.2013
- Haywood, R. M., 1969. The Question of a Standard Gauge for Russian Railways, 1836-1860, *Slavic Review*, 28(1), s. 72-80
- Kymäläinen, H., 2010, Yhteiseurooppalaiseen junaliikenteen hallintajärjestelmään siirtymisen riskien arviointi. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 48/2010*, Helsinki: Liikennevirasto
- Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015, *LVM:n ja VR:n junaliikenteen ostosopimus vahvistettiin*, Helsinki [verkkojulkaisu]
<http://www.lvm.fi/-/lvm-n-ja-vr-n-junaliikenteen-ostosopimus-vahvistettiin-856638> [luettu 19.4.2016]
- Liikennevirasto, 2010, *RATO 2 Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 2 Radan geometria*, Helsinki, Liikennevirasto
- Liikennevirasto, 2014, *Rautateiden verkkoselostus 2016*, Helsinki: Liikennevirasto
- Liikenteen turvallisuusviraston määräys *TRAFI/18116/03.04.00/2012 Rautatiejärjestelmän infrastruktuuriosajärjestelmä*, Helsinki: Liikenteen turvallisuusvirasto
- Luukka, T., 2015, VR:n junia saattaa joutua myyntiin, *Helsingin Sanomat*, 1.10.2015
- MTR Nordic, 2016, *Vår organisation*, [verkkojulkaisu]
<http://www.mtrnordic.se/om-oss/var-organisation/> [luettu 6.4.2016]
- Nolte, J., 2016a. Schienenstränge Über Grenze, *Grenzverkehre – Eisenbahn-Kurier Special*, 120, s. 5-25
- Onnettomuustutkintakeskus, 1996, *A 1/1996 R Junaonnettomuus Jokelassa 21.4.1996*,

Onnettomuustutkintakeskus, 1998, *A 1/1998 R Junaonnettomuus Jyväskylässä 6.3.1998*

Pääkaupunkiseudun junakalusto Oy, 2016, Toimintamalli. [verkkojulkaisu]
http://junakalusto.fi/site/?lan=1&page_id=8 [luettu 15.4.2016]

Railway Gazette, 2013, High speed line opens to Alacant, *Railway Gazette*
 [verkkojulkaisu]
<http://www.railwaygazette.com/news/infrastructure/single-view/view/high-speed-line-opens-to-alacant.html> [luettu 28.4.2016]

Schwilling, A. & Bunge, S., 2014. *20 Jahre Bahnreform und Deutsche Bahn AG*, Hampuri: DVV Media Group

Siemens, 2014, *High-Speed Trainset Velaro D (Class BR 407)*, Berliini: Siemens AG

Trafikverket, 2014, *Järnvägens elanläggningar*, Tukholma: Trafikverket

Trafikverket, 2016, Marknaden [verkkojulkaisu]
<http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/jarnvag/tagplan-att-skapa-tidtabeller-for-tag/Marknaden/> [luettu 17.1.2016]

TZ-zeitung, 2016, So funktioniert das Zugsicherungssystem PZB, *tz* [verkkojulkaisu]
<http://www.tz.de/welt/bad-aibling-funktioniert-zugsicherungssystem-zr-6108899.html>
 [luettu: 21.4.2016]

Wille, W., 2007, Eine neue Chance für die Truppe vom Abstellgleis, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 9.12.2007

Kuvalähteet

Kuva 1: Eri raideleveydet mittakaavassa, mitat millimetreinä (Oma piirros).....	4
Kuva 2: Suomen ja Ruotsin välinen rautatiesilta Tornionjoen yli Tornion ja Haaparannan välillä. Kiskopariien oikeanpuoliset kiskot kuuluvat Ruotsin 1 435 rataverkkoon ja vasemmanpuoleiset Suomen 1 524 mm rataverkkoon. (Lähde: Wikimedia/Methem).....	6
Kuva 3: Telinvaihto Venäjän ja Kiinan välisellä rajalla (Lähde: Wikimedia/Schutz)	8
Kuva 4: Raideleveydenmuuntoasema Espanjassa (Lähde: LivingRail)	9
Kuva 5: Ruotsin sähköistysjärjestelmä yksinkertaistettuna (Lähde: Trafikverket).....	12
Kuva 6: Eri maiden kuormautettumia, mitat ovat etäisyyksiä keskilinjasta tai kiskon yläpinnasta millimetreissä (Lähde: VR Transpoint)	15
Kuva 7: Sähköistetty balliisi Sveitsissä Luzern-Bern-radalla (Oma kuva).....	16
Kuva 8: ETCS 1 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)	17
Kuva 9: ETCS 2 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)	18
Kuva 10: ETCS 3 tason toimintaperiaate (Lähde: Wikimedia/Lanowa)	19
Kuva 11: JKV-järjestelmän toimintaperiaatteet (Lähde: Liikennevirasto).....	20
Kuva 12: PZB-sähkömagneetti raiteen vieressä (Lähde: Wikimedia/ACBahn)	21
Kuva 13: Tukholman ja Göteborgin välillä liikennöivä yksityinen MTR Express (Lähde: MTR).....	24

Kuva 2: Wikimedia/Methem/Public domain

Kuva 3: Wikimedia/Schutz/CC BY-SA 2.5

Kuva 8: Wikimedia/Lanowa/CC BY-SA 3.0, suomennokset omia

Kuva 9: Wikimedia/Lanowa/CC BY-SA 3.0, suomennokset omia

Kuva 10: Wikimedia/Lanowa/CC BY-SA 3.0, suomennokset omia

Kuva 12: Wikimedia/ACBahn/CC BY-SA 3.0

Sammanfattning på svenska

1 Historia

Europeiska unionen och dess föregångare har sedan grundfördraget haft en idé om gemensamt europeisk bannät. Största hinder för gemensamt nätverk är att alla länder har byggt sitt eget nätverk sedan mitten av 1800-tal och valt sina egna standarder för att bygga sitt nationella järnvägsnät. Man har valt olika standarder av både protektionistiskt och helt rent teknisk orsak, då till exempel tekniken har utvecklats till bättre efter att man redan har byggt enligt äldre standarder.

2 Europeiska regelverk

Det första europeiska direktivet är direktiv nummer 91/440/EEG från år 1991. Sedan dess har Europeiska unionen gett ut åtta stycken direktiv och tre förordningar. Regler kommer oftast ut samtidigt och kallas *järnvägspaket*. Hittills har det kommit ut tre järnvägspaket: år 2001, 2004 och 2007. Ett fjärde paket kommer snart till Europeiska unionens parlament.

3 Spårvidd

Spårvidden på järnvägsbanan mäts på inrekanten av rälsen. Det finns tre typer av spårvidder: standard-, bred- och smalspårvidd.

3.1 Standard spårvidd

Den så kallade standardspårvidden är 1 435 mm. Det här är spårvidden för den första kommersiellt drivna järnvägen i hela världen, banan mellan Stockton-on-Tees och Darlington som togs i bruk år 1830. De flesta europeiska länder följde senare den här standarden, då de köpte järnvägsutrustning från Storbritannien. Spårvidden standardiserades i Storbritannien år 1846.

3.2 Bred spårvidd

Alla spårvidder som är mera än 1 435 mm kallas bred spårvidd. Den mest använda breda spårvidden är femfotsspårvidd som nuförtiden är markerad som antingen 1 520 mm eller 1 524 mm. Den här spårvidden härstämmer från ryska kejsarriket, där man byggde St. Petersburg-Moskvabanan med fem brittiska fots spårvidd (1 524 mm). Ryssarna valde den

här spårvidden då de använde järnvägsingenjörer från södra USA var man också hade byggt järnvägar med femfotsspårvidd. Även om det senare har haft också militär betydelse att Ryssland valde annorlunda spårvidd än resten av Europa, var det inte preliminära orsaken till det.

En annan bred spårvidd som används i Europa är 1 668 mm spårvidd i Spanien och Portugal. Detta valdes där, även om dessa länder har ojämn terräng, där normalt skulle ha varit lönsammare att välja smalare spårvidd. I Spanien har man sedan 1988 byggt alla nya höghastighetsbanor med standardbredd 1 435 millimeter.

3.3 Smal spårvidd

Som smalspårbanan räknas alla spårvidder som är mindre än 1 435 mm. Smalspårjärnväg har varit relativt sällan använt på långa banor, utan mera på korta förorts-, berg- eller industribanor. I Sverige har det funnits flera järnvägar med 891 mm spårvidd. De här järnvägarna kallas till trefotsbanor, då 891 mm motsvarar tre gamla svenska fot.

4 Elektrifiering

De första järnvägsbanorna elektrifierades redan i början av 1900-tal. I början var det enklast att bygga elmotorer med likström eller låg spänning. Med tiden lärde man sig också bygga motorer med högre spänning. Detta ökar effektiviteten i elnätverket då man inte behöver konvertera el till annan frekvens eller från växelström till likström, då det vanliga elnätet är byggt med 50 Hz växelström. Högre spänning betyder också mindre ström, som betyder att man kan använda tunnare eller längre kablar i kontaktledning.

4.1 Växelström

Det finns två olika växelström standarder i Europa, 15 kV 16 2/3 Hz som är i bruk i Sverige, Norge, Tyskland, Österrike och Schweiz och 25 kV 50 Hz som används i Finland, Danmark, Litauen, Rumänien, Ungern, Grekland, Kroatien, norra Frankrike, södra Tjeckien och södra Slovakien. Den högre spänningen är i bruk också på höghastighetsbanor i Spanien, Nederländerna och Italien. 15 kV 16 2/3 Hz är det äldre av dessa två och 25 kV 50 Hz nyare. 25 kV 50 Hz har blivit de facto standard för alla nya höghastighetsbanor, inte bara i Europa utan i hela världen.

4.2 Likström

Det finns generellt två olika likströmelektrifieringar i Europa: 1,5 kV och 3 kV, varav 3 kV är vanligare. Egentligen finns 1,5 kV endast i delar av södra Frankrike och Nederländerna. 3 kV elektrifieringar finns i Belgien, Spanien, Lettland, Polen, Estland och Ryssland. Speciellt 1,5 kV är inte mera en bra elektrifieringsspanning, då det behövs så stor ström för att kunna använda de nyare kraftiga tågen och lokomotiv.

5 Tågövervakning

Tågövervakning är ett system som övervakar lokomotivförare och tågets rörelse. Idén med tågövervakningssystem är att den minimerar det mänskliga faktorn i tågolyckor då det gör omöjligt att till exempel köra överhastighet eller köra förbi stop-sigener. I Europeiska unionen har man skapat ett system som heter *European Train Control System* (ETCS) som med hjälp av baliser och datorer kollar att tåg kör just där de skall. Det består av tre olika nivåer, där i nivå ett allt baserar sig till största del ännu på signaler, som nu systemet också kontrollerar. På nivå två behövs det inga signaler mera, då får tåg all information som behövs av banan rakt från övervakningscentralen. Baliser ger fortfarande tågets läge. På tredje nivån meddelar tåget hela tiden sitt läge till övervakningscentralen med hjälp av satelliter. På denna nivå kan tåg köra så nära varandra som är deras bromssträcka.

I Finland byggde man tågövervakningssystem JKV sedan år 1988 och det blev färdigt år 2005. I Finland har man börjat bygga tågövervakningssystem relativt sent. Till exempel i Tyskland har man haft övervakningssystem PZB sedan 1930-talet. I Finland hände två stora olyckor åren 1996 i Tusby och 1998 i Jyväskylä. Båda gångerna körde tåg med stor överhastighet in i en växel och urspårade. Även om det finns flera faktorer som påverkade till olyckorna, skulle tågövervakningssystem ha förhindrat olyckorna i båda fallen. Olycksutredningscentralen ansåg att det var oacceptabelt att installationsarbete tog så länge, så olyckorna fick fart på installationsarbete.

6 Slutsatser

Europeiska unionen har hittills gjort bra arbete med att göra gränsövergångstrafik enklare i Europa och det europeiska bannätverket börjar på lång sikt bli färdigt. De skillnader i vem som får bedriva järnvägstrafik i ett land har EU lyckats att förminska bra, då till exempel alla företag är helt fria att köra godståg överallt i Europa. Gränsövergångstrafik i persontrafik har också varit öppet för alla sedan 2010. Det finns ännu länder där gamla

statliga bolag ännu har monopol i persontrafik, men detta borde ändra ännu under nästa årstionde. Strukturella skillnader har varit mycket svårare att ändra, då det är ofta väldigt dyrt att bygga järnvägsinfrastruktur på nytt. Men till exempel det kommande gemensam tågövervakningssystem är redan en bra början i sammanslagning av europeiska bannätverk.